

Remerciement

Le métier de professeur ne se résume pas en un mécanisme d'apprentissage pur et dur. Mais c'est avant tout une relation humaine, c'est-à-dire que l'enseignement est une éducation.

Notre encadrant nous donnant de l'aide et des conseils pour bien comprendre et pour savoir comment affronter les problèmes et leurs trouver des solutions, nous encourageant pour appliquer ce qu'on a vu au cours de notre cursus universitaire et chercher à apprendre de nouvelles formations. Nous tenons à remercier sincèrement notre encadrant Monsieur le Professeur **DARRAZ Chakib**.

Notre sincère remerciement à monsieur le Professeur **STITOU EL MESSARI Jamal Eddine** pour son aide dans la partie numérique et pour avoir accepté de présider le jury de notre projet. Nous remercions aussi monsieur le Professeur **OUAZANI TOUHAMI Abdelouahed** d'avoir accepté de faire partie de notre jury et d'examiner notre travail. Sans oublier d'exprimer notre gratitude à tous nos enseignants de Licence STU; à qui revient le mérite de notre formation que nous avons apprécié durant ces 3 dernières années.

Nos remerciements vont également aux Doctorants **TAOURI Oussama** et **AKALAI Noaman** pour leurs Assistance dans la préparation du projet de fin d'étude, et l'élaboration du rapport.

Nos Remerciement à toutes les personnes qui n'ont pas hésité à nous aider pour mener à bien notre travail.

Table des matières

Introduction.....	3
A. Présentation générale de la zone d'étude	3
B. L'objectif	4
Chapitre I : Le bassin versant de Fnideq.....	5
A. Délimitation.....	5
B. Géologie.....	7
C. Réseau hydrographique :	11
1. Caractéristiques du réseau hydrographique:.....	13
2. Hiérarchisation du réseau :	13
D. Caractéristiques morphologique du bassin versant.....	16
1. La surface.....	17
2. La forme.....	17
3. La pente moyenne.....	19
E. Climat.....	20
F. Végétation	23
Chapitre II: La base de données SIG du Bassin Versant de Fnideq.....	26
A. MNT	28
B. Carte des altitudes.....	29
C. Carte des expositions	31
D. Carte des pentes.....	33
E. Réseau hydro élaboré à partir du MNT	35
F. Hiérarchisation	37
Références bibliographiques.....	39
Webographie.....	40
Liste des figures	41
Liste des tableaux.....	41

Introduction

Avec la révolution rapide des technologies de l'information, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) permettent d'élaborer les bases de donnée, en fournissant non seulement des outils très puissants d'analyse de données spatiales et statistiques, mais également en autorisant l'intégration de bases de données de différents secteurs au sein d'un même référentiel géographique.

Les SIG sont apparus dans le milieu des années 80. Ces outils facilitent la gestion et l'utilisation des informations géographiques.

Un système d'information comprend une base de données géographique, d'où les SIG est un logiciel permettant de gérer la saisie, le stockage, mise à jour, un accès efficace aux informations, le traitement et la représentation visuelle de ces données. (Béguin et Pumain, 1994).

A. Présentation générale de la zone d'étude

Le secteur d'étude se situe au Nord-Ouest du Maroc, à l'extrémité nord occidentale du Rif (Nord de la ville de Tétouan).

Le bassin versant de Fnideq est situé entre les parallèles 35.80' et 35.88' Nord et les longitudes -5.45' et -5.35' Ouest.

Administrativement, la ville de Fnideq fait partie de la préfecture M'diq-Fnideq, Wilaya de Tétouan. Les principales activités économiques de la ville sont le commerce et le tourisme.



Figure 1: Situation géographique du BV Fniq

B. L'objectif

L'objectif de ce travail est d'élaborer une base de données sur un secteur choisi, c'est le bassin versant de l'Oued Fniq. Cette base de données est construite à partir des informations qui figurent sur les cartes géologique et topographique de la région. L'élaboration se fait par trois niveaux :

- Elaboration de base de données des caractéristiques hydrologique
- Elaboration de base de données physique
- Elaboration de base de données Hydrologique

Chapitre I : Le bassin versant de Fnideq

Le bassin versant de Fnideq d'une superficie de 34.89 Km², est drainé par l'Oued Bayssa qui collecte les eaux de quatre principaux affluents : Oued Laimouna, Oued sfayh, Oued Khandeq et Oued Assalas.

A. Délimitation

Le tracé de la ligne de crête est une opération délicate qui se fait sur la carte topographique de la région concernée (1/50000, 1/25000). Si ces documents existent, la couverture de photos aériennes, qui en vision stéréoscopique, restitue et permet un tracé beaucoup plus précis. Une vérité de terrain est toujours indispensable.

Pour délimiter un bassin versant, on doit respecter les étapes suivant :

- Débuter et terminer le tracé à l'exutoire du cours d'eau.
- Tracer la ligne de partage des eaux de la gauche vers la droite du cours d'eau.
- Distinguer les branches appartenant au cours d'eau de celles appartenant aux cours d'eau voisins.
- Relier les sommets et les vallées en passant toujours par les points les plus élevés du parcours.
- Traverser perpendiculairement les courbes de niveau.
- En cas d'ambiguïté, visualiser le chemin que prendrait une goutte d'eau déposée sur la surface pour atteindre le cours d'eau.
- Ne jamais croiser un cours d'eau.
- Un lac ou un marais appartient à deux bassins versants s'il y a deux exutoires.

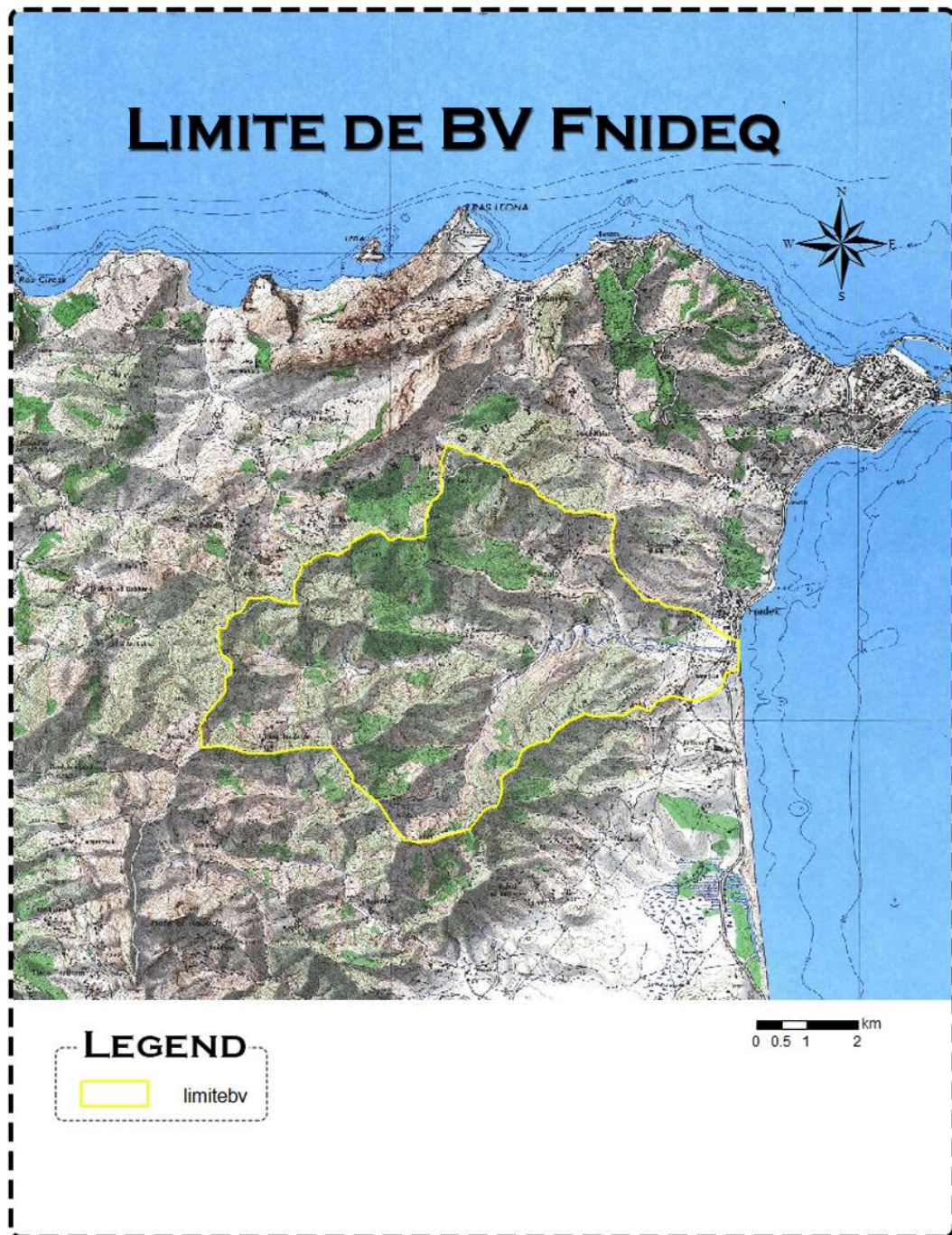


Figure 2: Carte présent la limite du bassin versant de Fndeq

B. Géologie

Notre secteur d'étude fait partie du domaine interne rifain. Il comprend principalement les unités Ghomarides et les unités Sebtides (fig.3)

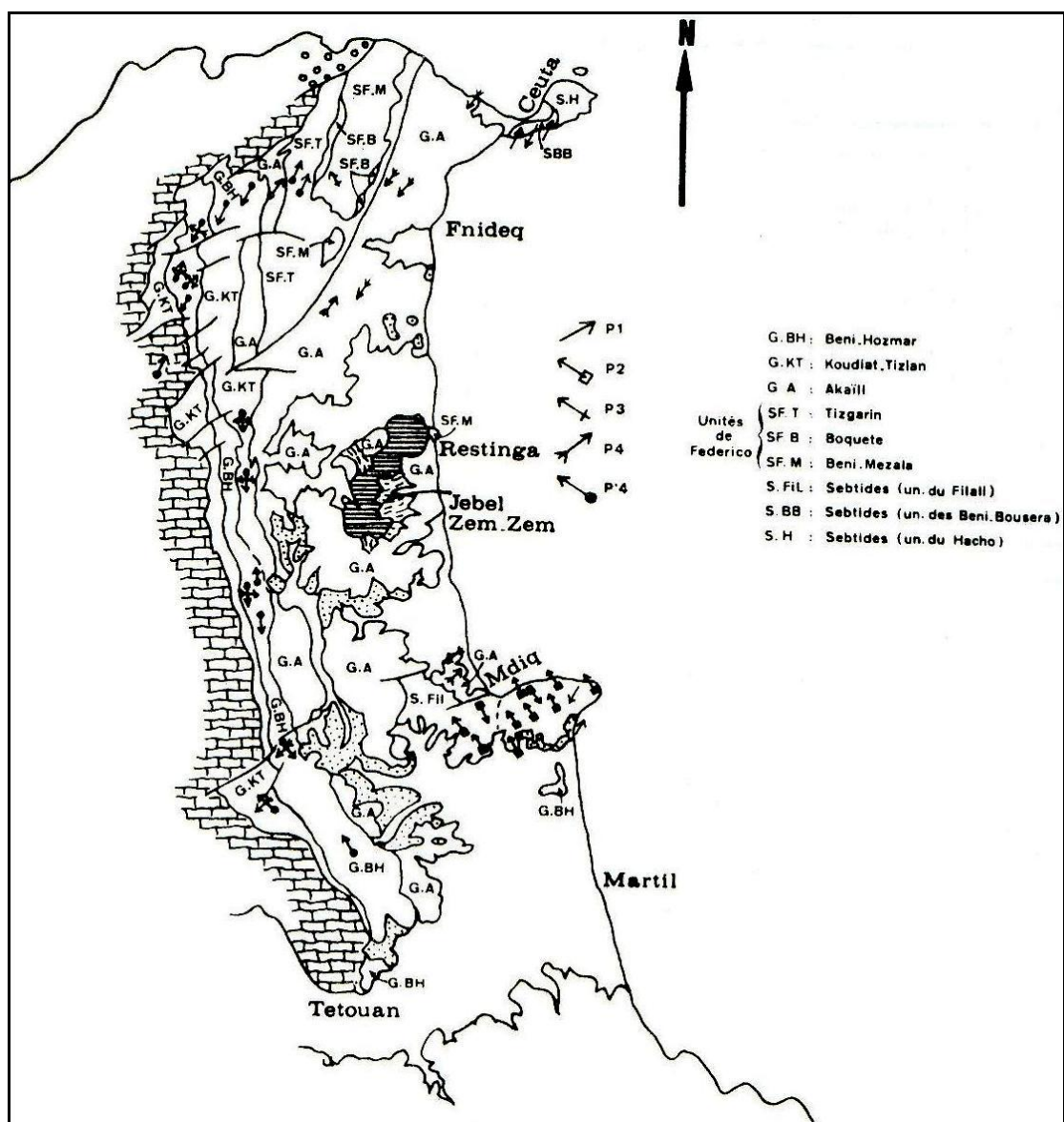


Figure 3 : Unités structurales internes au Nord de Tétouan (Didon et al., 1973)

G : unités Ghomarides à matériel surtout paléozoïque ; S : unités Sébtides à matériel métamorphique (SF, Sébtides Federico : Permo-Trias épimétamorphique ; S, socle ancien Sébtide) ; P1 à P4 : directions microstructurales.

Dorsale, figuré de 'briques' ; Flyschsprédorsaliens, petits ronds à l'Ouest de Ceuta ; Néogène récent, figuré ponctué ; Flyschs allochtones du ZemZem, barré horizontal (avec éboulis, en tireté)

a) Les Sebtides :

Les Sebtides sont subdivisés en deux unités :

Les Sebtides inférieurs : contiennent des péridotites serpentinisées de Sebta et de Beni Bouzera (Kornprobst, 1974, 1976 ; Van den Boch, 1974 ; Saddiqui, 1988 ; Targuisti, 1993), les orthogneiss de Monté Hacho (Bernard-Griffith et al, 1977), les kinzigites (Saddiqui, 1988) et les micaschistes.

Les Sebtides supérieurs : c'est l'unité de Federico défini par Milliard In Durand Delga et al, (1960-62). Ils sont subdivisés en trois sous unités :

- Unité de Tizgarine
- Unité de Bouquet d'Anjra
- Unité de Beni Mzala

La série stratigraphique des unités Sebtides est essentiellement composée de faciès paléozoïques diversifiés comportant en haut une couverture alpine permotriasique détritique et carbonatée

b) Les Ghomarides :

Structuralement, ce sont les unités les plus hautes au sud de Tétouan (Milliard, In Durand Delga et al, 1960-62) ; alors qu'au Nord de la cluse d'Oued Martil ils sont spectaculairement rétrochevauchés par la dorsale calcaire du Haouz.

Selon Milliard In Durand Delga et al, (1960-62), les Ghomarides sont subdivisés en trois nappes :

Unité d'Akaïli ; Unité de KoudiatTizian ; Unité de Beni Hozmar. (Chalouan, 1986) met en évidence la quatrième unité c'est l'unité de Talembote ou l'unité supra Beni Hozmar.

La plus part de leur matériel est formé de roches paléozoïques mais ils admettent en plus une couverture alpine allant du Trias au Burdigalien moyen (Hlila, 2005 ; Hlila et al, 2008) avec des faciès très diversifiés carbonatés et détritiques.

L'histoire tectonique alpine des Ghomarides est caractérisée par la succession de processus distensifs et compressifs depuis le Trias (cf. travaux de Chalouan, 1986 ; Ben Makhlouf, 1991 ; Ouazani-Touhami, 1994 ; Ouazani-Touhami et Chalouan, 1995 ; Chalouan et al, 1995a, b). La phase de la structuration en nappes est post-Eocène supérieur et anté-Oligocène supérieur (Chalouan, 1986 ; Hlila 2005). Contrairement aux Sébides, les unités de Ghomarides ne sont que peu ou pas métamorphique.

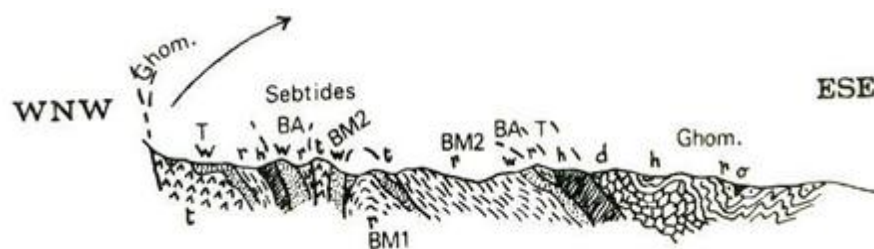


Figure 4: Coupes schématiques à l'Ouest de Sebta (Didon et al., 1973)

Sébides (Federico) BM : Beni Mezala ; BA : Boquete de Andjera ; T : Tizgarine ; h : Carbinifère ; r : Permien ; w : Werfénien ; t : Trias carbonaté. Ghomarides (Ghom.) ; d : Dévonien ; h : Carbonifère ; r : Permo-Trias ; o : Aquitano-Burdigalien.

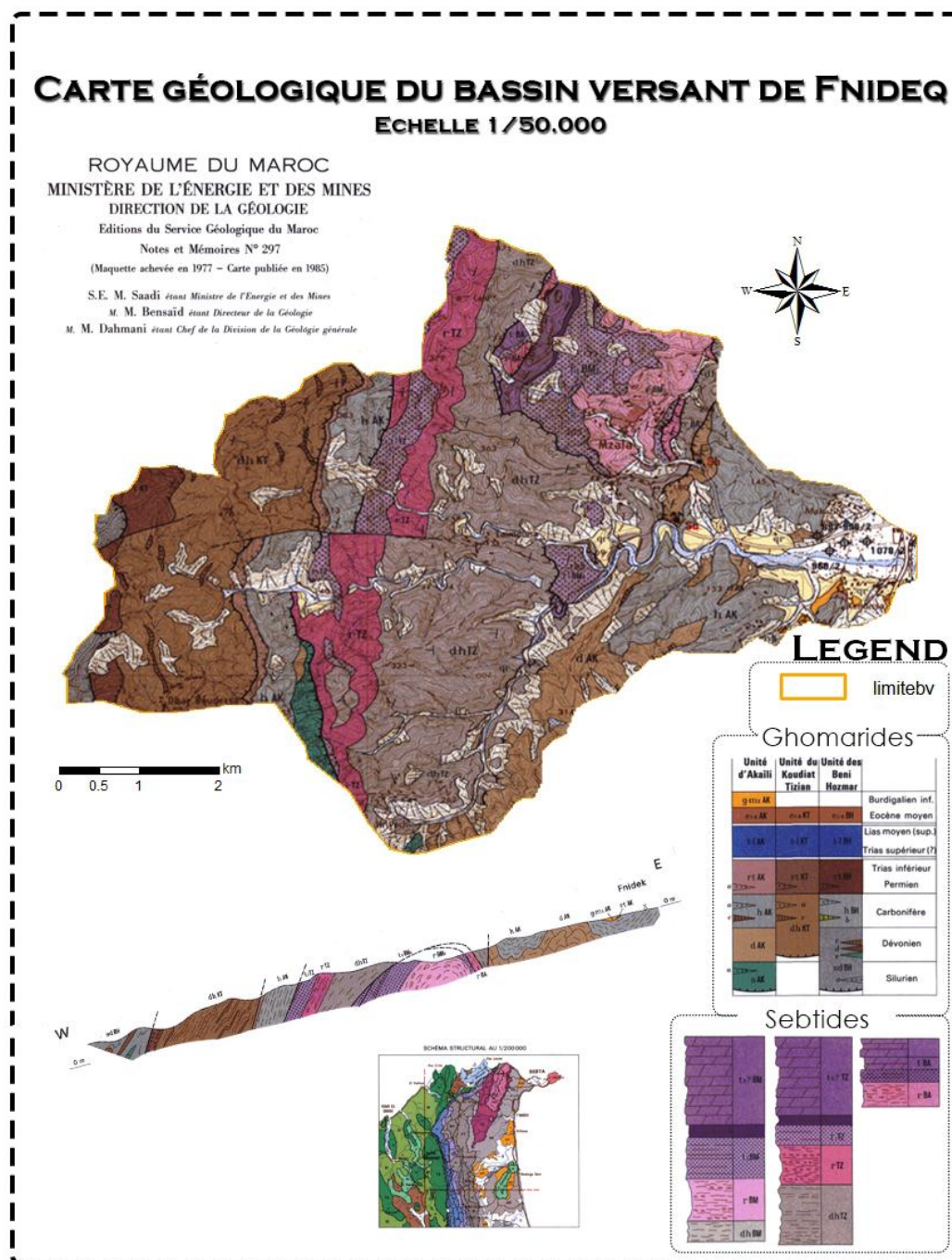


Figure 5: Carte géologique du secteur d'étude 1/50 000 (DURAND-DELGA et DIDON, 1985)

C. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes.

Le bassin versant de Fnideq forme une entité hydrographique drainée principalement par l'Oued Bayssa qui collecte les eaux de quatre principaux affluents : Oued Laimouna, Oued Sfayh, Oued Khandeq et Oued Assalas, descendant de la chaîne dorsale du Haouz et se déversant en Méditerranée.

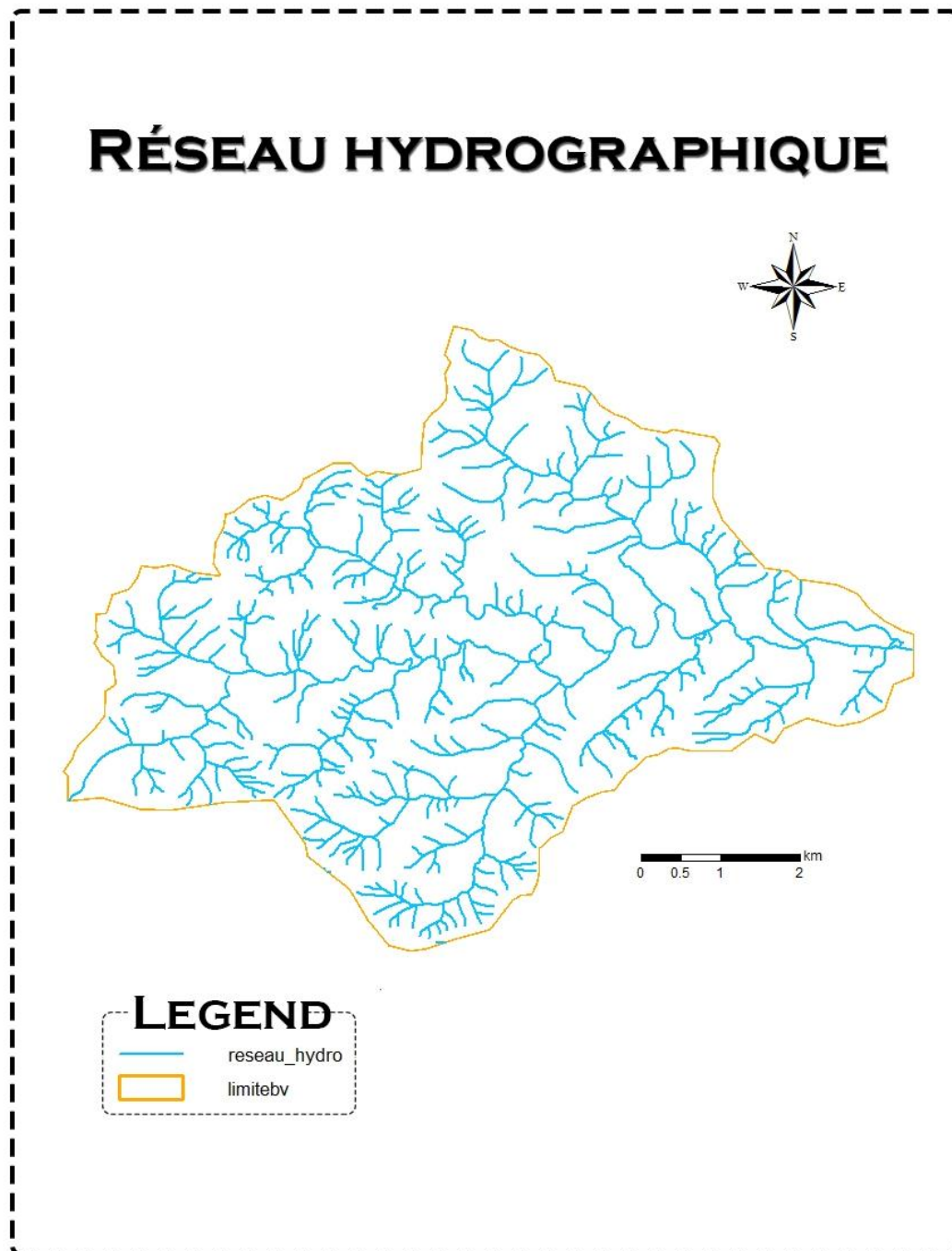


Figure 6: Réseau hydrographique du bassin versant de l'O. Fnideq, digitalisé.

1. Caractéristiques du réseau hydrographique:

Dans notre secteur d'étude le type d'écoulement majoritaire est le suivant (Fig.7) :

Le type dendritique : correspond à des sédiments uniformément résistants, horizontaux ou biseautés par une surface horizontale. Ce type d'écoulement est surtout abondant dans les terrains Ghomarides

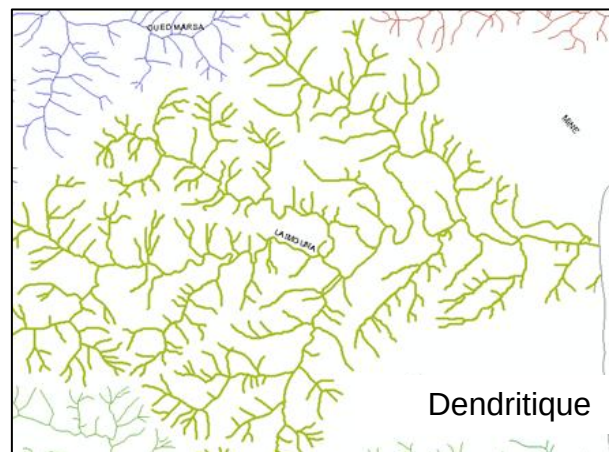


Figure 7: La typologie des réseaux hydrographiques dans le BV Fniq

2. Hiérarchisation du réseau :

La classification est facilitée par un système de numérotation des tronçons de cours d'eau (rivière principale et affluents). L'ordre des cours d'eau est donc une classification qui reflète la ramification du cours d'eau. La codification des cours d'eau est également utilisée pour la codification des stations de mesures, permettant ainsi un traitement automatisé des données. Il existe plusieurs types de classifications des tronçons des cours d'eau, dont la classification de Strahler (1957) qui est la plus utilisée.

Cette classification permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage d'un bassin de l'amont vers l'aval. Elle se base sur les règles suivantes ;

- - les cours d'eau sans affluents sont d'ordre 1
- - au confluent de deux cours d'eau de même ordre résulte un cours d'eau d'ordre $n+1$
- - un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre (par exemple si un cours d'eau d'ordre 4 reçoit un cours d'eau d'ordre 1 => toujours ordre 4)

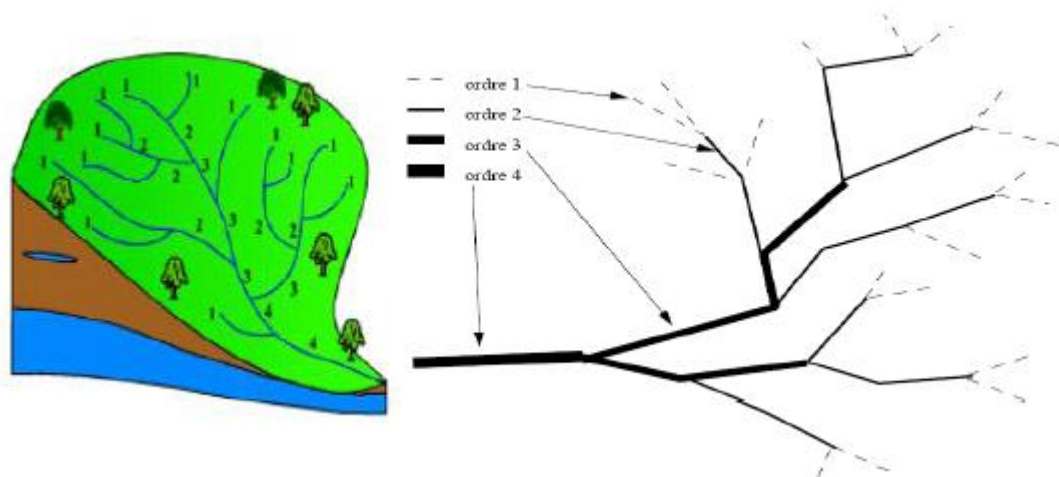


Figure 8: hiérarchisation du réseau hydrographique (cours de GERN)

A partir des programmes SIG (MNT), le bassin versant de Fnideq présente une hiérarchisation d'ordre 4 (fig.9). L'explication est commentée dans le chapitre II.

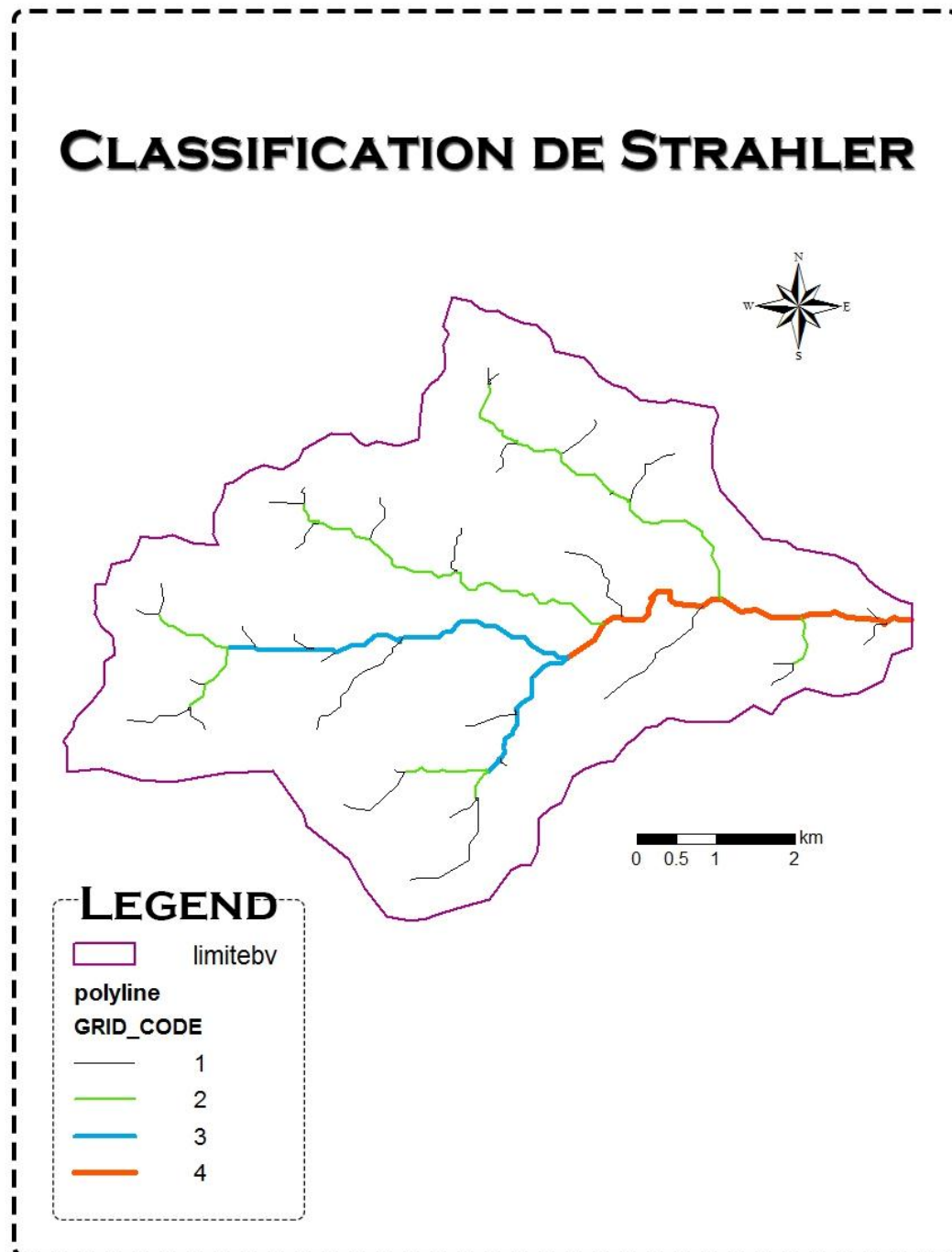


Figure 9 : Hiérarchisation du réseau hydrographique de l'Oued Fnideq (à partir du MNT)

D. Caractéristiques morphologique du bassin versant

Un bassin versant peut être considéré comme l'unité géographique et opérationnelle du cycle hydrologique. C'est au niveau du bassin versant que tous les processus hydrologiques du cycle se reproduisent continuellement exception faite du mouvement atmosphérique des précipitations. Il peut être assimilé à un opérateur qui transforme les précipitations en écoulements. Cette transformation dépend essentiellement des caractéristiques physiques du bassin versant.

Les caractéristiques du bassin de l'oued Fnideq sont récapitulées dans le tableau ci-joint :

Superficie du bassin versant :		km ²	34.89
Périmètre :		km	28.69
Altitude	Max :	m	477
	Min :	m	10
Longueur du Thalweg principal :		km	12
Pente moyen I_m :		%	3.9
Indice de compacité K_G :			1.36

Tableau 1: Les caractéristiques du bassin versant l'oued Fnideq

1. La surface

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface.

La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation.

La digitalisation du bassin versant par le logiciel SIG, sous forme de polygone, permet de calculer leur superficie, qui est : 34.89 km²

2. La forme

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'indice de compacité de Gravelius (1914) K_G , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_G est l'indice de compacité de Gravelius,

A : surface du bassin versant [km²],

P : périmètre du bassin [km].

Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1

pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongé

L'indice de forme du bassin versant de l'oued Fnideq a une valeur de 1.36. Le bassin versant étudié possède une forme plutôt allongée ce qui a pour conséquence.

Avec :

$$P = 28.69, \quad A = 34.89$$

$$K_G = 0.28 \frac{28.69}{\sqrt{34.89}} = 1.36$$

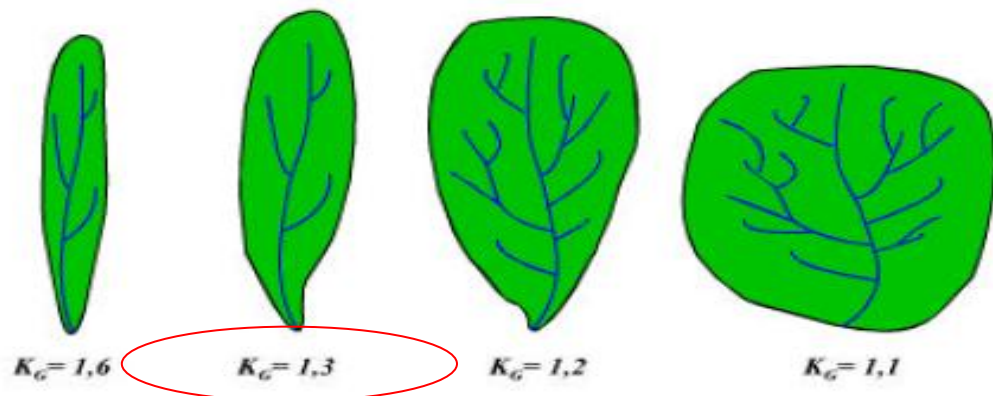


Figure 10: l'indice de forme du bassin versant de Fnideq

La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. Ce phénomène est lié à la notion de temps de concentration.

En revanche, les bassins en forme d'éventail, présentant un temps de concentration plus court, auront les plus forts débits de pointe, comme le montre la figure suivante (fig.11):

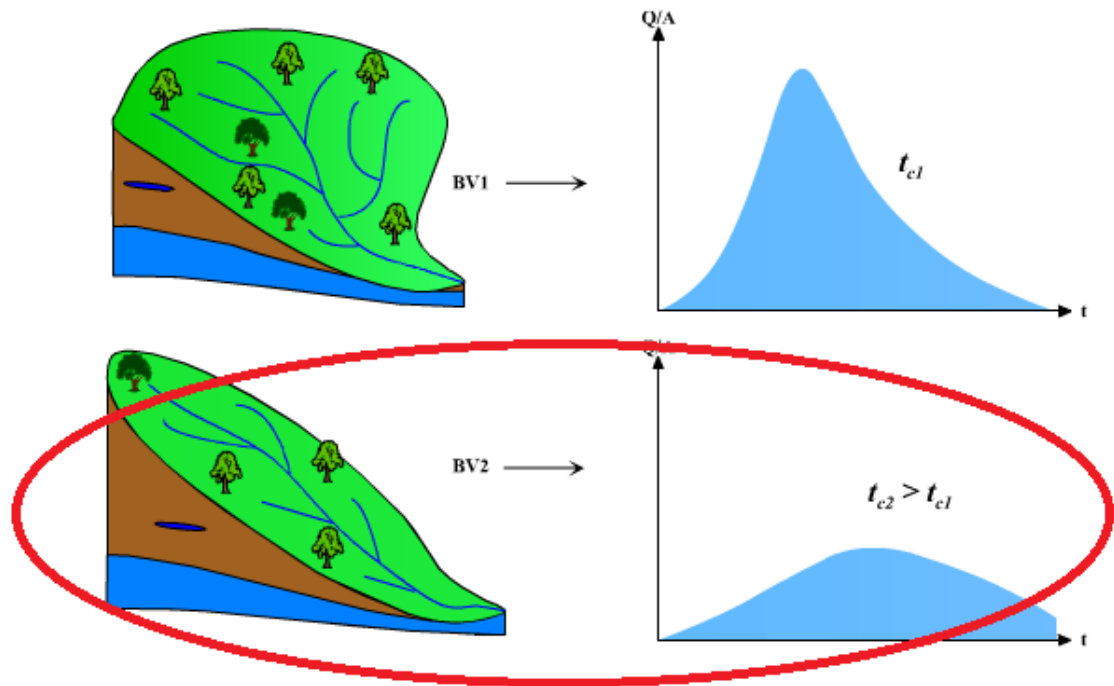


Figure 11: Influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue

3. La pente moyenne

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante. Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct, donc sur le temps de concentration t_c et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

Plusieurs méthodes ont été développées pour estimer la pente moyenne d'un bassin. La méthode proposée par Carlier et Leclerc (1964) consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données. Une valeur approchée de la pente moyenne est alors donnée par la relation suivante :

$$I_m = \frac{D.L}{A}$$

I_m : pente moyenne [m/km ou 0/00],

L : longueur totale de courbes de niveau [km],

D : équidistance entre deux courbes de niveau [m],

A : surface du bassin versant [km²].

Le calcul de la pente moyenne tout comme celui de leur exposition peut-être assez facilement automatisée en se basant sur des données numériques représentant la topographie des bassins versants . Le recours à ces données et méthodes est vivement encouragé. La dernière section de ce chapitre est consacrée aux informations digitales et aux modèles numériques.

Avec :

$$L=127.39\text{km}; D=10\text{m}; A=37.58 \text{ km}^2 \quad L_m = \frac{10 \times 127.39 \times 10}{37.58 \times 100} = 3.39\%$$

E. Climat

On peut subdiviser le bassin versant en deux zones climatiques :

- Un climat méditerranéen dans la zone montagneuse avec des précipitations importantes en hiver, parfois sous forme de neige et un été sec et chaud ;
- Un climat semi-aride vers l'aval dans la région côtière qui est sec et chaud et qui présente aussi un taux important de pluie durant la période arrosée.

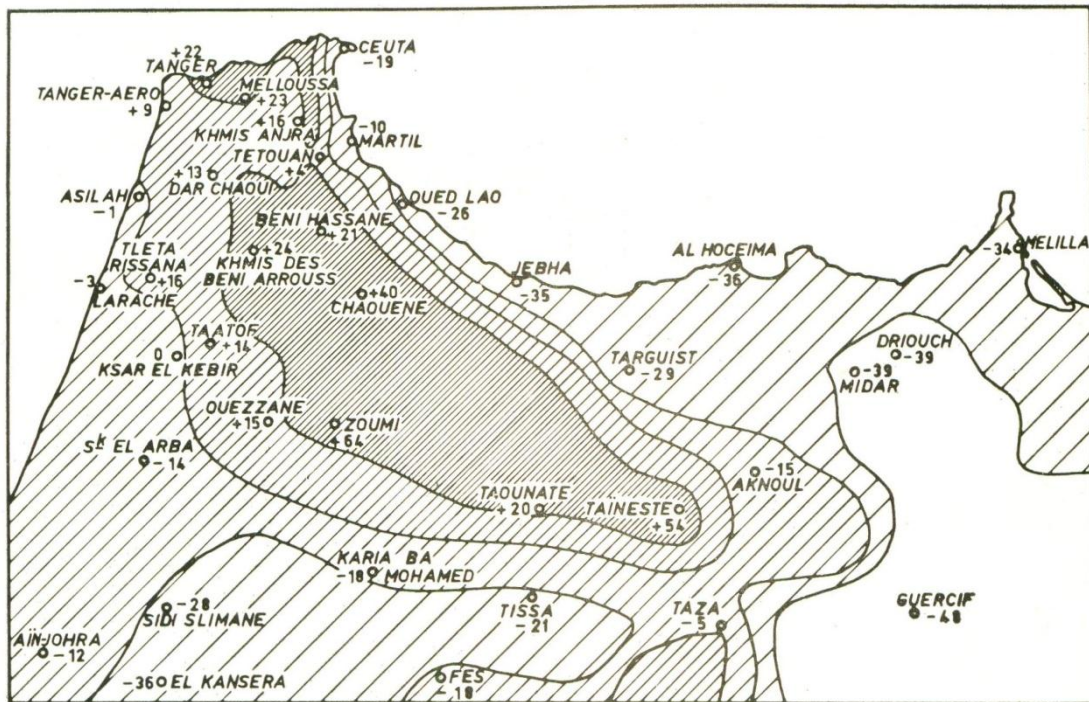


Figure 12: Zones climatiques du domaine rifain, définies par les indices de
Thornthwaite (Thauvin, 1971)

Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen subhumide. Dans ce secteur la pluviométrie moyenne est de 600 mm/an (Figs.13 et 14), ce qui représente le double de la moyenne nationale. La saison humide s'étend d'octobre à avril et la pluie est particulièrement abondante entre novembre et janvier. La saison sèche, relativement courte, se traduit par des précipitations faibles à nulles entre juin et septembre.

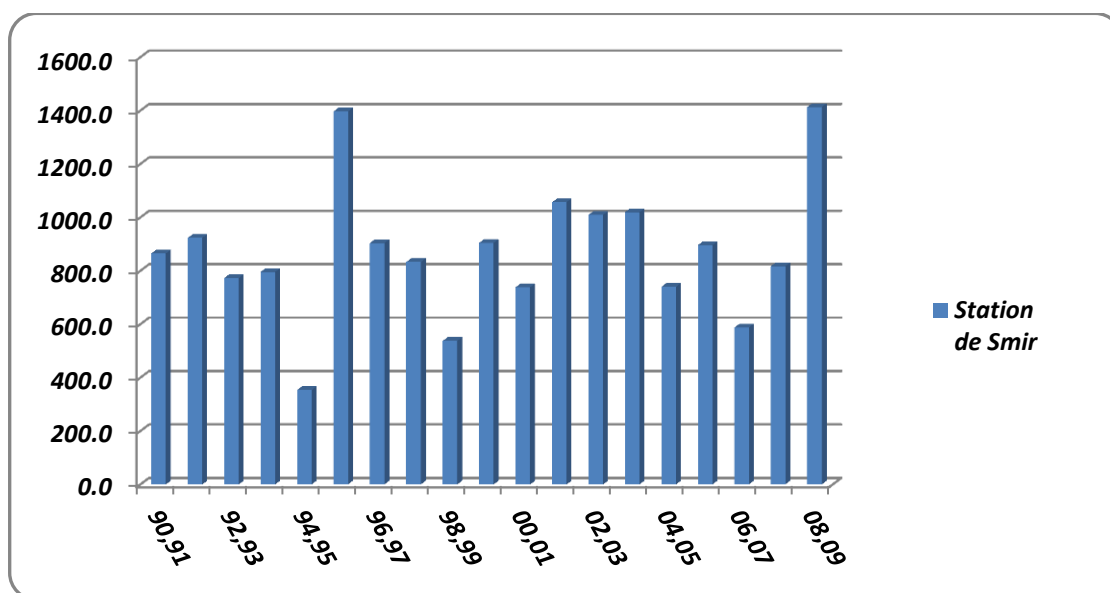


Figure 13: la variation de la moyenne annuelle des précipitations au niveau station de SMIR (ABHL)

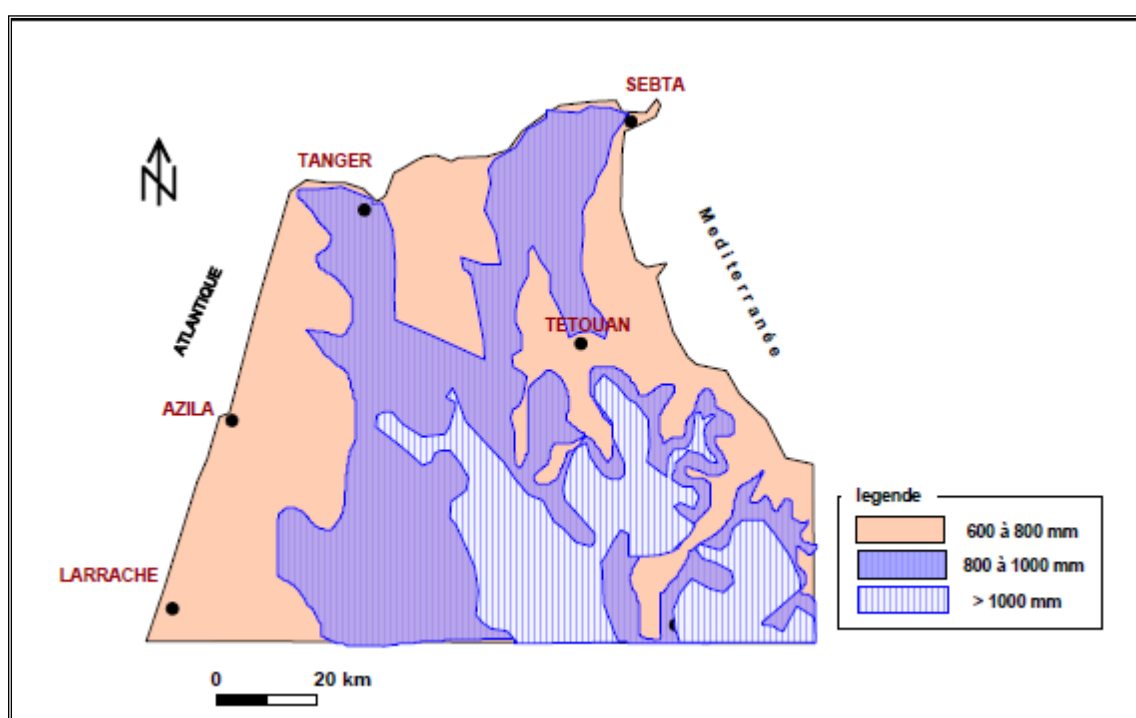


Figure 14: Pluviométrie moyenne interannuelle Source (ABHL)

L'amplitude moyenne annuelle de la température est de 17°C avec un minimum de 11°C à Fnideq et 13°C à M'diq et une température maximale de 28°C dans les deux localités. Ces caractéristiques climatiques correspondent au climat méditerranéen et à l'étage bioclimatique humide.

Les températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de station de Smir sont résumées dans le tableau suivant:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Max	18.8	16.4	16.4	18.6	19.6	25.2	28.0	27.0	24.1	23.0	23.5	19.2
Min	9.0	9.7	9.3	10.5	9.5	12.0	15.5	19.5	17.5	14.5	7.8	9.7
Moy	12.3	13.4	12.9	15.0	16.9	19.6	23.0	24.3	21.1	18.7	15.2	13.3

Tableau 2: Température mensuelles moyennes, maximales et minimales de la station de Smir Source (ABHL).

F. Végétation

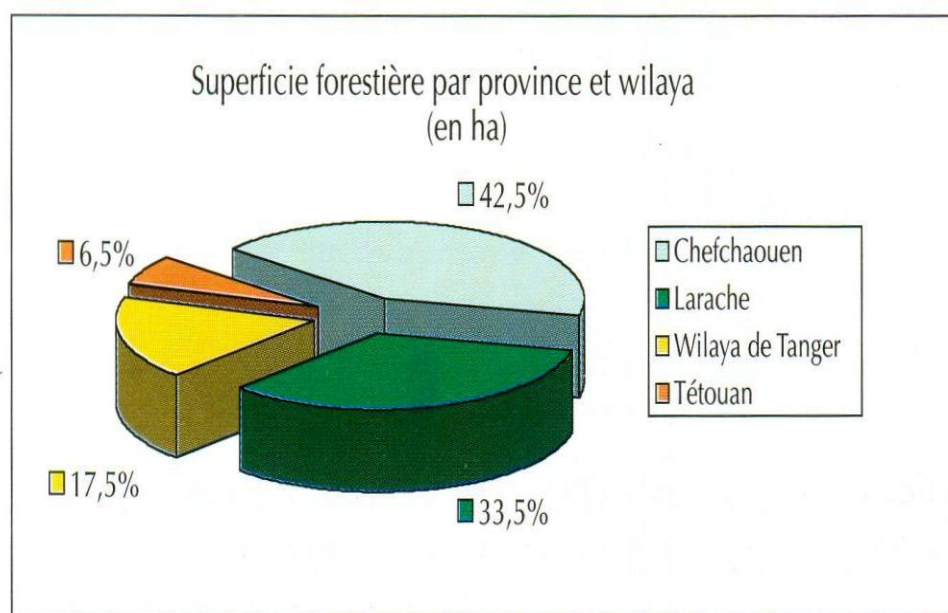
Le rôle de la végétation dans le cycle de l'eau est loin d'être négligeable et la destruction des couvertures végétales augmente, entre autre, les risques d'inondation.

En effet la nature du couvert végétal et son organisation influent sur la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol. Le développement du réseau racinaire facilite sa pénétration et en prélève une certaine quantité pour alimenter la plante.

Le couvert végétal retient par ailleurs le sol ce qui limite l'érosion et sur les terrains pentus les glissements de terrain. Il tend à limiter le ruissellement. Une absence totale de végétation ajoutée à une faible capacité d'infiltration du sol, favorise l'écoulement de surface, empêche

la recharge des nappes, diminue les temps de concentration et augmente les risques d'érosion en favorisant des régimes de crues intenses.

Au contraire, un sol épais avec une bonne capacité de rétention (bonne porosité et présence de végétation) limite le volume et le temps démontée de la crue.



Source : Article du 4/5/1999 au journal Al Bayane

Figure 15: Superficie forestière par province et Wilaya (in Débat national sur l'aménagement du territoire, 2000)

Le couvert végétal du site est assez varié, à l'image de la diversité des habitats. Les conditions climatiques, le relief hétérogène, et la présence des zones humides représentent les principaux déterminants de cette diversité.

Tout le long du parcours du lit, on n'a pas signalé la présence de forêts une côtière .Voilà la carte de végétation du bassin versant Fnideq, on remarque une absence de végétation due à l'urbanisation dans la zone

côtière d'une part et d'autre part l'abondance de broussaille au bois dans les autres zones.

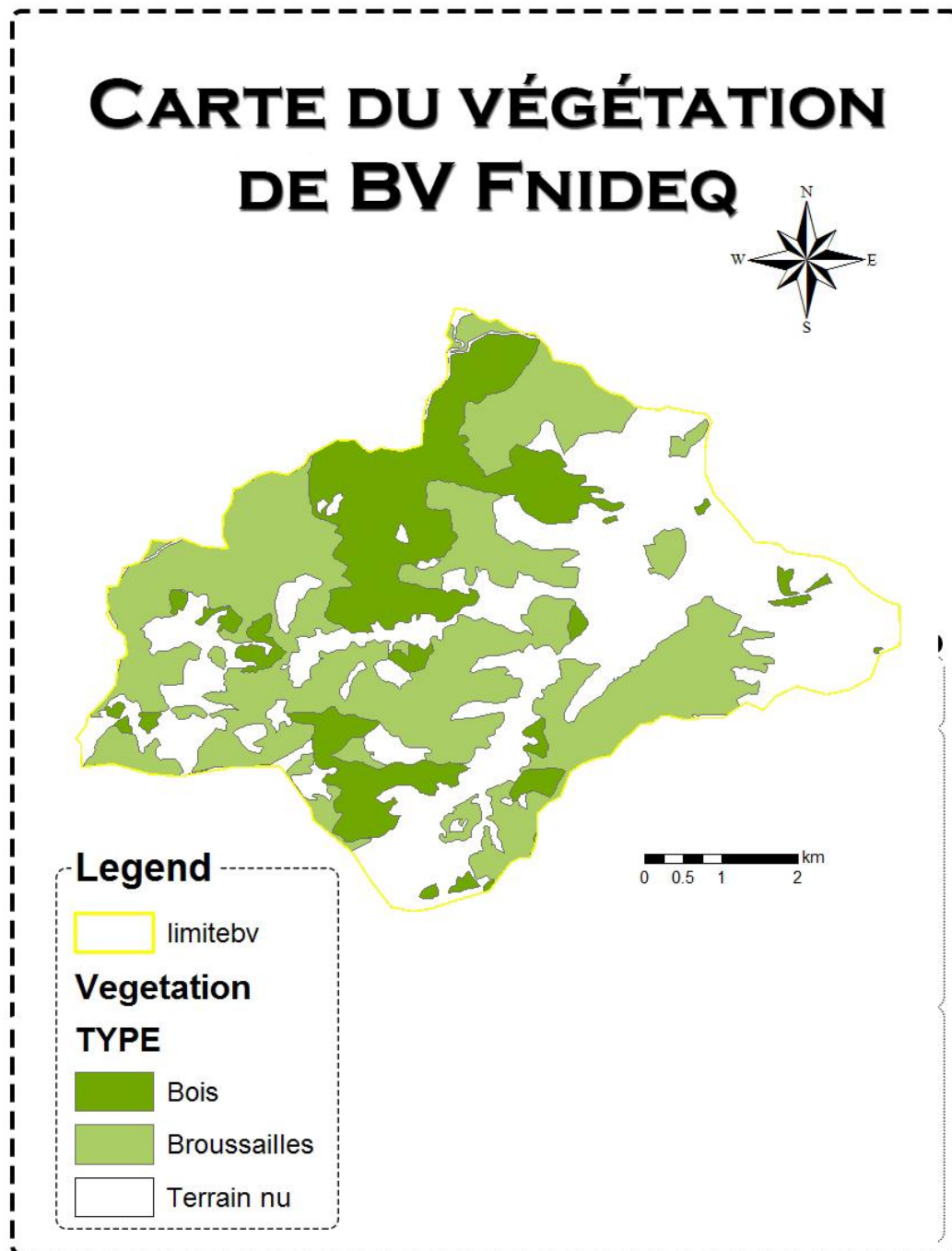


Figure 16: Carte de végétation de bassin versant de Fnideq

Chapitre II: La base de données SIG du Bassin Versant de Fnideq

Généralités sur le logiciel ArcGis 10.0

Le logiciel ArcGis 10.0, multifonctionnel, développé par la gamme ESRI (<http://www.esri.com/>) utilisé dans notre projet est un des outils les plus utilisés dans la mise en œuvre des SIG grâce à son interface qui est simple et facile à être utilisée par les géologues, pour réaliser des cartes thématique et faire des études des problèmes menaçant l'environnement actuellement, il regroupe les fonctionnalités essentielles du SIG.

ArcGis a apporté plusieurs nouvelles fonctionnalités comme la lecture automatique des formats DAO (dxf, dwg), la numérisation utiles (gain de temps), les Géotraitement, la mise en relation et la gestion des tables et des bases de données, et la mise en formes cartographiques astucieuses.

Ce logiciel développé par 'ESRI' permet de visualiser, d'explorer, d'interroger et d'analyser les données spatiales. Ce logiciel est capable de gérer trois types de données, notamment les points, les lignes, les aires. Le format des fichiers divers à savoir :

- .shp : fichier contenant la géométrie de l'entité géographique.
- .shx : fichier contenant l'index de la géométrie de l'entité géographique.
- .dbf : fichier de base de données contenant les informations d'attributs des entités géographiques

Ce logiciel comporte plusieurs applications notamment Arc Map, Arc Catalogue, et Arc Toolbox.

- Arc Map : est une application complète de la création des cartes dans Arc GIS.

Deux types de vue sont proposées : une vue de données géographiques et une vue mise en page.

En mode géographique, l'utilisateur travaille avec les couches géographiques pour analyser, et visualiser les différentes données.

En mode mise en page, il travaille pour ressortir les différentes données sur le fond d'une carte contenant des vues géographiques et des éléments cartographiques.

- Arc Catalog : est une application qui permet l'organisation et la gestion des données à savoir les cartes, les bases de données...
- Arc Toolbox : est une application qui comporte un ensemble d'outils pour le traitement des données. Ces outils sont divers et permettent :
 - L'analyse spatiale.
 - Le géocodage.
 - L'analyse vectorielle.
 - La conversion des données.

Nous avons utilisé ce logiciel, car il est le plus réputé et le plus utilisé parmi tous les logiciels disponibles au marché.

L'intérêt de son utilisation dans notre étude revient à :

- Permettre l'union des couches spatiales
- Permettre la classification des différentes données.
- Permettre d'éditer les couches vectorielles.
- Permettre l'addition et la manipulation des couches matricielles.
- A partir des outils disponibles, on a pu masquer, effacer et analyser les données demandées.

A. MNT

MNT est une expression numérique de la topographie, sous forme matricielle ou vectorielle.

Les MNT fournissent les informations nécessaires à la visualisation, l'analyse et la modélisation de phénomène lié au relief. A partir du plan de base de l'information géomatique, de nombreux paramètres peuvent être calculée tel que les pentes. Une des étapes fondamentales au cours de l'élaboration de ce travail est la construction d'un modèle d'élévation digital (MED ou DEM pour les anglophones ; ou encore modèle numérique de terrain : MNT). Il s'agit de la construction d'une portion de terrain calée dans un référentiel planimétrique et altimétrique. En d'autres termes, chaque point sur le MED est défini par ses coordonnées X, Y, et Z. Dans ce travail X et Y correspondent aux coordonnées Lambert Nord Maroc (système de projection Merchich) et Z est exprimé en mètre par rapport au zéro marin, correspondant au nivellement général du Maroc.

Il est possible d'élaborer un MNT par la digitalisation des courbes de niveau à partir de la carte topographique complétée par l'incorporation de points côtés et de points géodésiques dans un TIN et enfin de compte l'élaboration du MED par interpolation et lissage d'une grille, dont les mailles ont une taille de 5m. Mais pour obtenir des résultats plus précis La démarche suivie dans ce travail est d'utiliser un MNT élaboré à partir du satellite Aster.

Les produits cartographiques dérivés du MNT sont très variés suivant l'usage ultérieur de ceux-ci. Dans ce travail, les cartes produites représentent l'altimétrie, la pente, les expositions des versants, le réseau hydrographique et sa hiérarchisation.

B. Carte des altitudes

La carte des altitudes ou carte hypsométrique est dérivée directement du MNT. Elle correspond, au regroupement des intervalles d'altitudes au choix de l'utilisateur. Ce choix doit dépendre de la dénivelée de la zone ciblée. Et la dénivelée qui varie de 0 m, qui correspond au niveau de la mer, jusqu'à une altitude maximale de 477m à Jbel Tarsif.

Les classes d'altitudes les plus fréquentes sont celles qui vont de 200 m à 300m, suivies des 100-200 m et des 300-477 m. Alors la structure montagneuse est dominante.

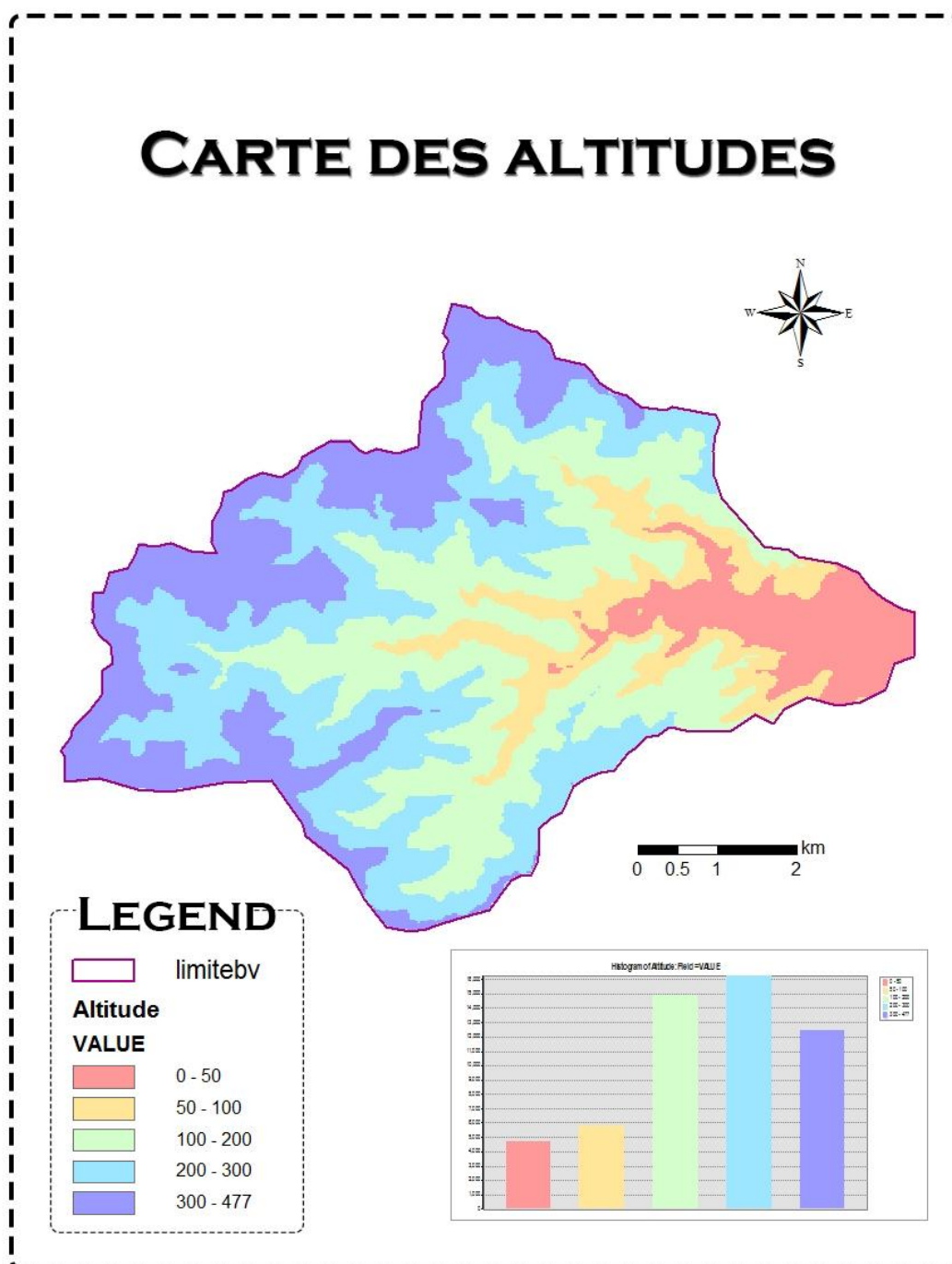


Figure 17: Carte des altitudes du BV de Fnideq, avec l'histogramme correspondant

C. Carte des expositions

L'exposition d'un versant ou orientation ou aspect est définie par l'angle que fait la ligne de plus grande pente du versant avec le Nord. Les SIG comportent un module qui permet la construction des cartes d'orientations à partir du MNT.

La carte des expositions du BV de Fnideq se présente en 4 classes : NW-NE (315° - 45°), qui caractérise les versants nord, NE-SE (45° - 135°), les versants est, SE-SW (135° - 225°), les versants sud et SW-NW (225° - 315°) pour les versants ouest. Ces orientations représentent les trois façades : Atlantique (W), détroit de Gibraltar (N) et Méditerranée (E) ; la façade sud est d'obédience continentale.

Les versants sud, les plus secs, sont les plus fréquents, suivi des versants est. Les versants nord, qui se répartissent sur le côté méridional du bassin versant, se trouvent plus fréquents que les versants ouest, localisés surtout au périphérique du bassin. Globalement Les versants sud et est (versants ensoleillés et sec) sont plus fréquents que les versants ouest et nord (réputés pour être humides).

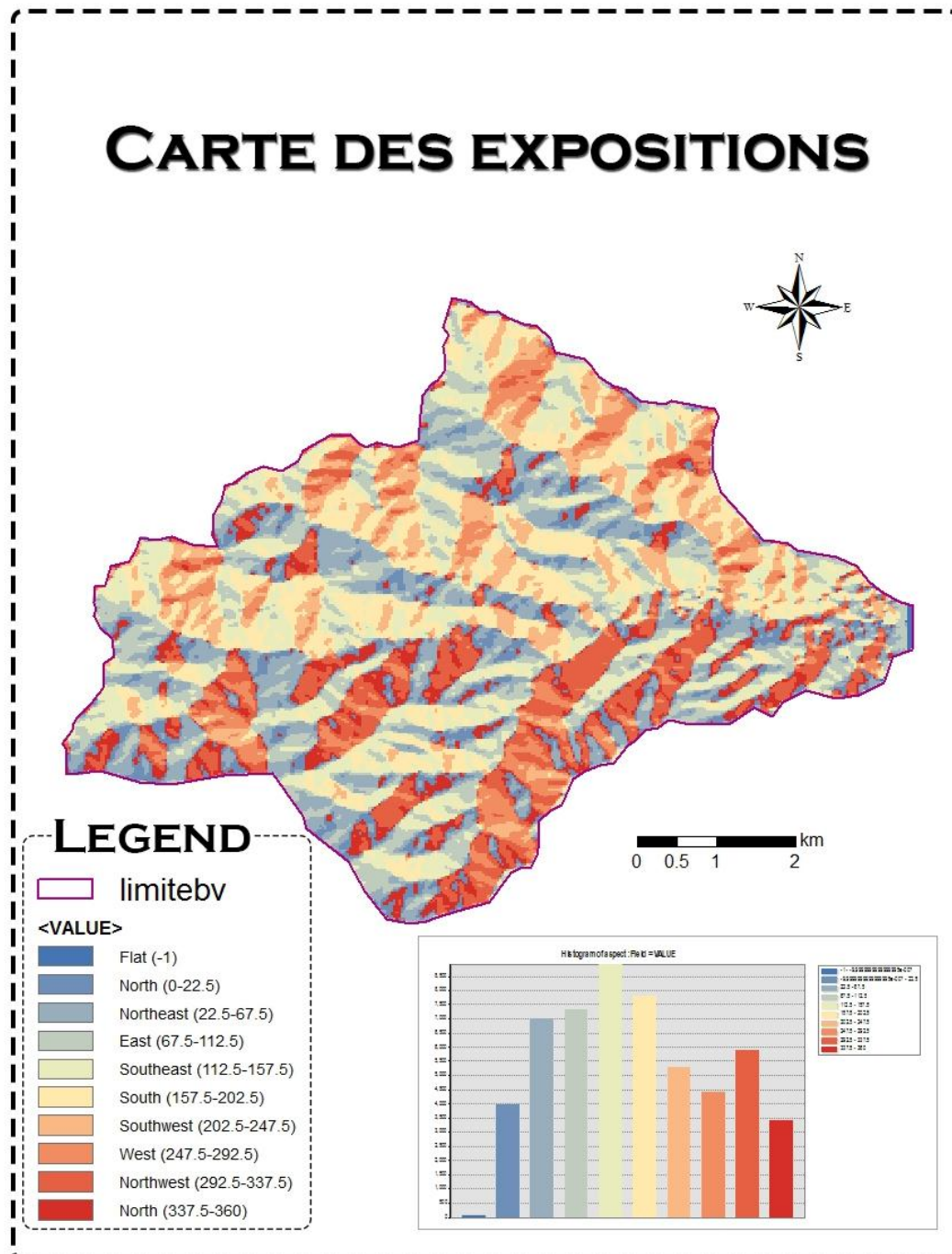


Figure 18: Carte des expositions des versants et histogramme correspondant

D. Carte des pentes

La pente topographique est définie comme étant l'inclinaison de la surface topographique par rapport à un plan horizontal. La carte des pentes constitue une approche quantitative de la distribution des pentes d'une superficie donnée. Les systèmes d'information géographique (SIG) offrent des modules qui permettent l'élaboration des cartes de pente à partir des MNT, les classes des pentes peuvent être exprimées en pourcentage ou en degré décimal. Les coupures clinographiques sont choisies en fonction de l'objectif recherché par l'utilisateur.

Dans notre cas les intervalles choisis sont : 0° - 5° ; 5° - 10° ; 10° - 20° ; 20° - 30° ; 30° - 47.99° .

Les pentes les plus représentées dans ce bassin versant de Fnideq, correspondent à la classe 10° - 20° suivi par la classe 20° - 30° et en fin on trouve les pentes les moins représentés par les classes 5° - 10° , $0 - 5^{\circ}$ et $30 - 47.99^{\circ}$ (fig.19)

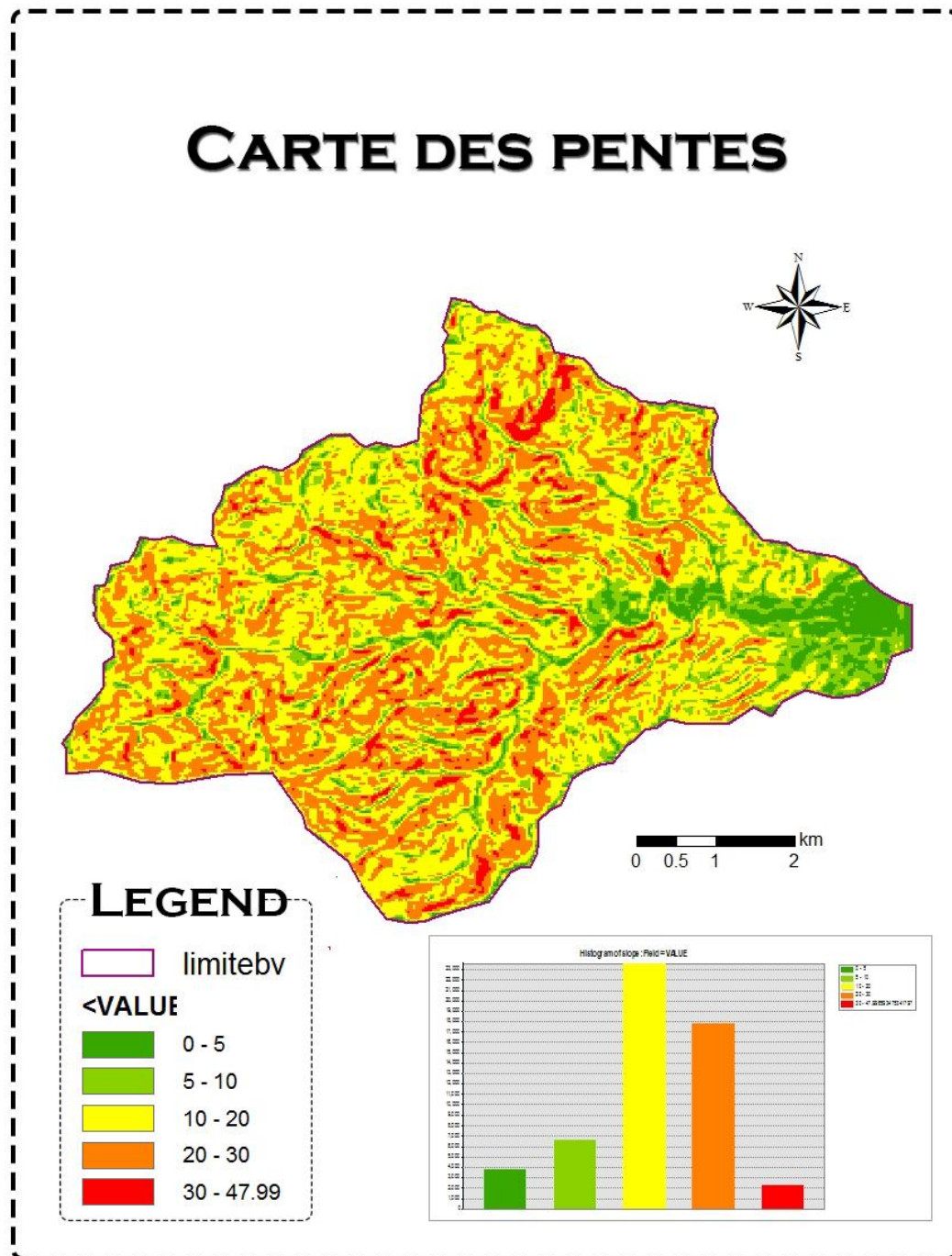


Figure 19: Carte des pentes et histogramme correspondant

E. Réseau hydro élaboré à partir du MNT

On désigne par réseau hydrographique un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le drainage superficiel, permanent ou temporaire, d'un bassin versant ou d'une région donnée. Le réseau hydrographique est d'autant plus dense que le climat est plus humide, que les pluies sont plus abondantes, les pentes plus fortes, les roches ou formations superficielles moins perméables.

Pour élaborer la carte du réseau hydrographique, trois étapes sont nécessaires (fig.20) : la première consiste en une correction du DEM, pour éviter tout artefact qui pourrait fausser les lignes de courant qui se déplacent en principe du haut vers le bas. Le résultat de cette correction est une grille qui sera traité pour calculer les directions de l'écoulement et les aires d'accumulation (fig.21).

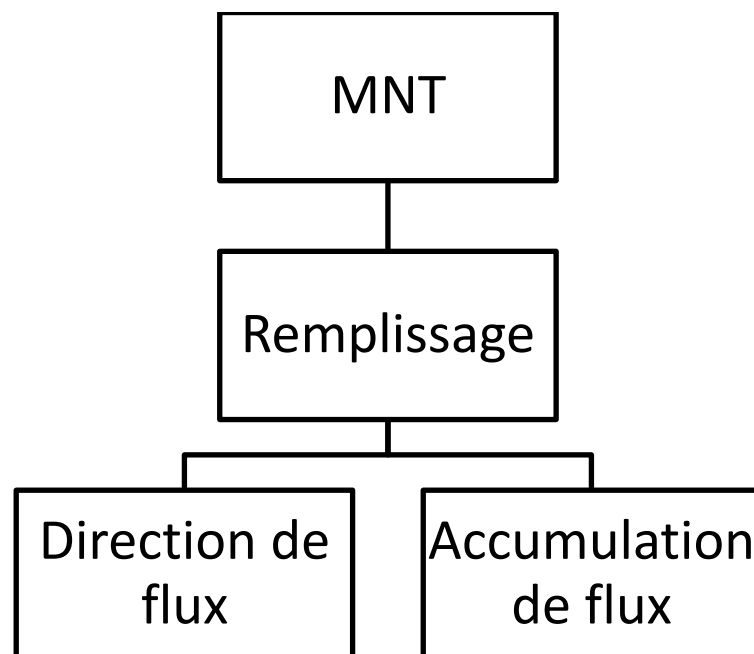


Figure 20: les étapes d'élaboration d'un réseau hydrographique à partir MNT

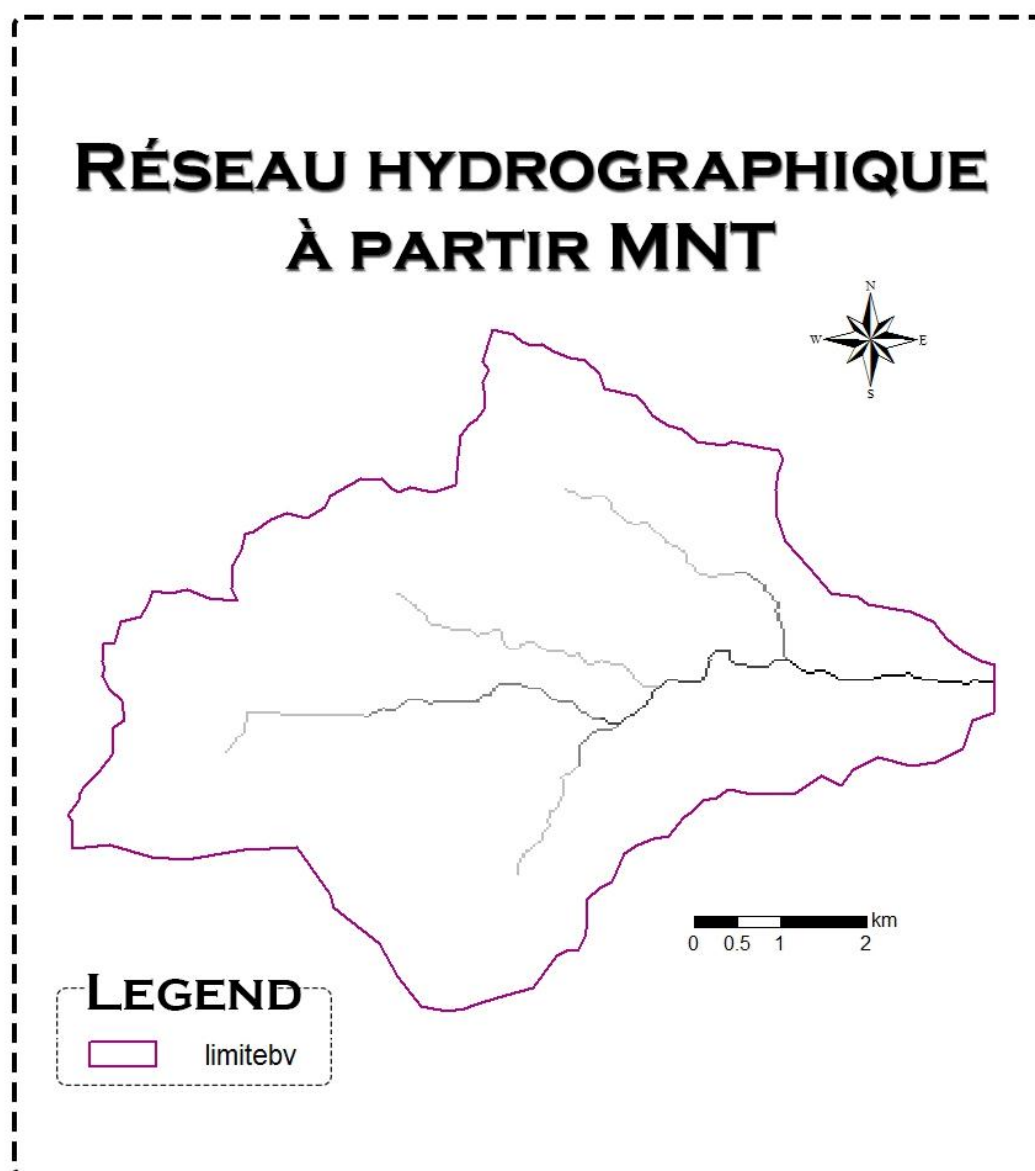


Figure 21: réseau hydrographique dérivé du MNT

F. Hiérarchisation

Un traitement postérieur permettra d'appliquer la classification de Strahler qui permet de hiérarchiser les cours d'eau du plus petit (sans affluent) au plus grand, à qui correspondra l'indice le plus élevée. Les systèmes d'information géographique (SIG) offrent des modules qui permettent la classification de réseau hydrographique. Le module « Con » évite les valeurs négligeables de réseau résultant de MNT. L'intersection des cours d'eau fait par le module « Stream link », la classification du réseau se fait par le module « Stream order » puis la conversion de raster vers polyligne par module « Raster to polyline ».

Le schéma suivant montre la succession les étapes :

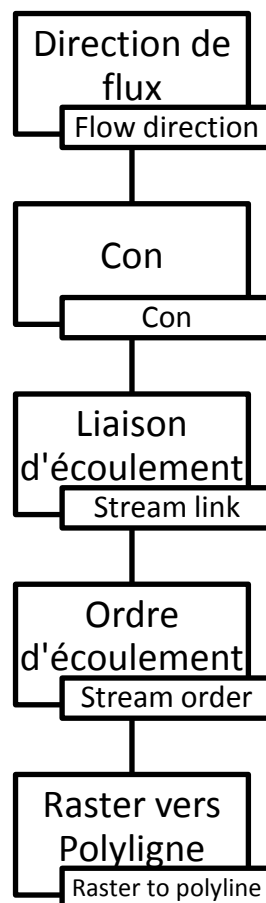


Figure 22: étapes pour présenter la Classification de Strahler

Le résultat de ce traitement apparaîtra dans la figure (fig. 23).

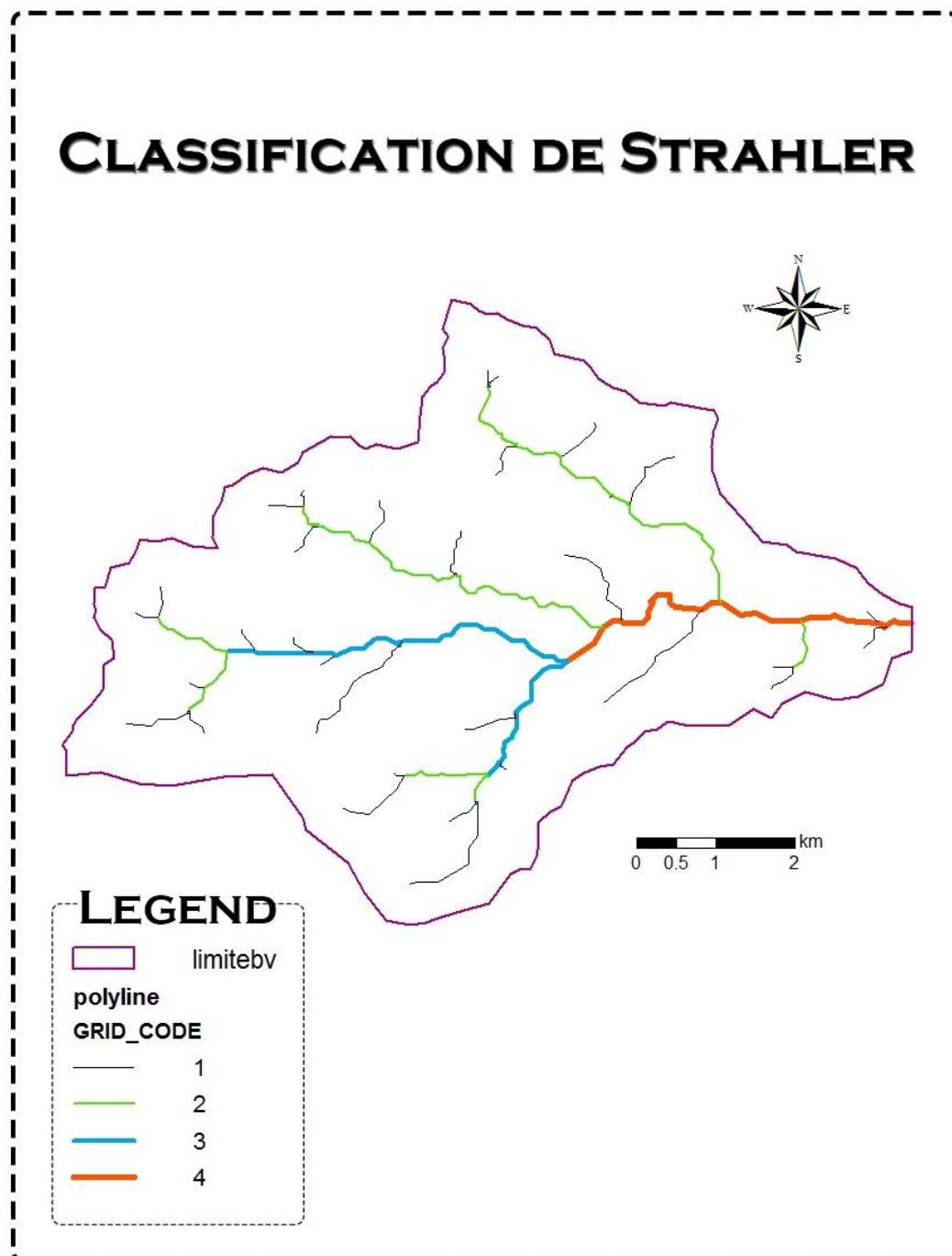


Figure 23: Classification de Strahler à partir de réseau dérivé par MNT

Références bibliographiques

BEGUIN M. & PUMAIN D. (1994) : La représentation des données géographiques. Armand Colin, Paris.

CHALOUAN A. (1986) : Les nappes ghomarides (Rif septentrional, Maroc). Un terrain varisque dans la chaîne alpine. Thèse ès-Sci., Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, Fr.

DARRAZ Ch. (2007) : Les mouvements de versants dans la partie nord de la péninsule de Tanger (Rive sud du détroit de Gibraltar, Maroc). Thèse Doct. Etat ès-Science, Univ. Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc.

DIDON J., DURAND-DELGA M. et KORNPROBST J. (1973): Homologie géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar. Bull. Soc. géol. France, (7), t. XV, n°2, pp. 77-105 .

DURAND-DELGA M. et DIDON J. (1985): Feuille Sebta. Carte géol. du Rif au 1/50 000. Notes et Mém. Serv. géol. Maroc, n° 297

EL KADIRI K. (1991) : La Dorsale calcaire (Rif interne, Maroc): stratigraphie, sédimentologie et évolution géodynamique d'une marge alpine durant le Mésozoïque. Mise en évidence d'un modèle. Thèse Doct. Etat ès-Science, Univ. Abdelmalek Essaadi, Tétouan.

EL KHARIM Y. (2002) : Etude des mouvements de versants dans la région de Tétouan (Rif occidental, Maroc) : Inventaire, Analyse et Cartographie. Thèse Doct. Etat ès-Science, Univ. Abdelmalek Essaadi, Tétouan.

HLILA R. (1994) : Etude des déformations miocènes dans la chaîne calcaire du Haouz (entre Tétouan et le col du Drauy). Thèse 3° cycle, Univ. Abdelmalek Essaadi, Tétouan, 159p.

KORNPROBST J. (1974) : Contribution à l'étude pétrographique et structurale de la zone interne du Rif (Maroc septentrional). Not. Mém. Serv. Géol. Maroc, 251, 226 p.

MAATE A. (1996): Estratigrafía y evolución paleogeográfica alpina del dominio gomáride (Rif interno, Maruecos). Thèse de doctorat, Universidad Granada, 397p.

STITOU EL MESSARI J.E. (1995): Contribution à la connaissance hydrogéochimique des aquifères côtiers Martil-Alila, Oued Laou et Smir. Thèse Doctorat 3ème cycle, Univ. Abdelmalek Essaâdi, Fac. Sci., Tétouan, 160 p

STITOU EL MESSARI J.E. & Pulido-Bosch A. 1995. Impacts anthropiques sur l'aquifère alluvial de Smir (Tétouan, Maroc). Hydrogéologie.

STRAHLER A.N. (1963): Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. Am. Bull., 63, pp. 1117-1142.

THAUVIN J.P. (1971). Présentation du domaine rifain. *In* : Ressources en eau du Maroc : T.1. Domaine du Rif et du Maroc Oriental. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, Rabat, n°231, 27-67

WILDI W. (1983) : La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys., 24, 3, 201-297

Webographie

- <http://echo2.epfl.ch/echo2/drologie/chapitres/chapitre2/chapitre2.html>
- <http://www.memoireonline.com/01/12/5209/Contribution--lanalyse-spatio-temporelle-de-loccupation-et-de-la-perte-des-sols-au-niveau-du.html>
- <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/005900000002000000>
- <http://tactic.fsg.ulaval.ca/flashEauxVives/bassinVersant2.swf>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Mod%C3%A8le_num%C3%A9rique_de_terrain
- <http://www.lneg.pt/download/4626/>

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique du BV Fnideq	4
Figure 2: Carte présent la limite du bassin versant de Fnideq	6
Figure 3 : Unités structurales internes au Nord de Tétouan (Didon et al., 1973).....	7
Figure 4: Coupes schématiques à l'Ouest de Sebta (Didon et al., 1973)	9
Figure 5: Carte géologique du secteur d'étude 1/50 000 (carte de Tétouan)	10
Figure 6: Réseau hydrographique digitalisé de bassin versant	12
Figure 7: La typologie des réseaux hydrographiques dans le BV Fnideq.....	13
Figure 8: hiérarchisation du réseau hydrographique (cours de GERN)	14
Figure 9 : hiérarchisation du réseau hydrographique d'Oued Fnideq (à partir MNT).....	15
Figure 10: l'indice de forme du bassin versant de Fnideq	18
Figure 11: Influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue	19
Figure 12: Zones climatiques du domaine rifain, définies par les indices de Thornthwaite (Thauvin, 1971)	21
Figure 13: la variation de la moyenne annuelle des précipitations au niveau station de SMIR (ABHL).....	22
Figure 14: Pluviométrie moyenne interannuelle Source (ABHL)	22
Figure 15: Superficie forestière par province et Wilaya (in Débat national sur l'aménagement du territoire, 2000)	24
Figure 16: Carte de végétation de bassin versant de Fnideq	25
Figure 17: Carte des altitudes du BV de Fnideq, avec l'histogramme correspondant	30
Figure 18: Carte des expositions des versants et histogramme correspondant	32
Figure 19: Carte des pentes et histogramme correspondant	34
Figure 20: les étapes d'élaboration d'un réseau hydrographique à partir MNT.....	35
Figure 21: réseau hydrographique dérivé du MNT.....	36
Figure 22: étapes pour présenter la Classification de Strahler	37
Figure 23: Classification de Strahler à partir de réseau dérivé par MNT	38

Liste des tableaux

Tableau 2: Les caractéristiques du bassin versant l'oued Fnideq	16
Tableau 3: Température mensuelles moyennes, maximales et minimales de la station de Smir Source (ABHL).....	23